

Indicadores fisiológicos en plántulas de *Solanum lycopersicum* L., procedentes de semillas irradiadas con rayos X

Alexander Álvarez Fonseca*, Licet Chávez Suárez, Ramiro Ramírez Fernández, Ramiro Pompa Brizuela, Wilfredo Estrada Prado. *Autor para correspondencia.

Centro de Investigaciones Servicios y Tecnologías Ambientales de Granma, Adjunto al IIA Jorge Dimitrov carretera vía Manzanillo km 16 ½, Bayamo. Granma. Cuba. e-mail: alexanderf@dimitrov.cu

RESUMEN

La aplicación práctica en el cultivo del tomate a través de la irradiación presiembra de semillas, ha contribuido eficazmente a la obtención de plántulas de buena calidad en el semillero. Se estudió el efecto de bajas dosis de rayos X aplicadas en semillas de tomate FA-180 sobre algunos indicadores fisiológicos de las plántulas en cultivo protegido. El tratamiento se realizó en una fuente de irradiación de baja potencia (11.47 Gy/min), con las dosis de 5, 10 y 20 Gy, con un régimen de trabajo de 30 kV y 10 mA. Se evaluaron los indicadores altura de las plántulas (mm), longitud de la raíz (mm), diámetro del tallo (mm), masa fresca del tallo (g), masa seca del tallo (g), masa fresca de la raíz (g) y masa seca de la raíz (g). Los resultados indicaron una estimulación significativa ($p \leq 0.05$), para los indicadores altura de las plántulas, longitud de la raíz, diámetro del tallo, masa fresca del tallo, masa seca del tallo y masa fresca de la raíz respecto al control, lo que corrobora el efecto estimulante de este tratamiento sobre el desarrollo de las plántulas.

Palabras clave: baja potencia, crecimiento, cultivos protegidos.

Physiological parameters in *Solanum lycopersicum* L. seedlings, obtained from X-rays irradiated seeds

ABSTRACT

A study was carried out to determine the effect of low doses of X-rays on some physiological indicators of tomato seedlings FA-180, in greenhouse cultivation during the months of July-August 2010. The treatment was carried out in a source of low-power irradiation (11.47 Gy/min) in the morning hours at doses of 5, 10 and 20 Gy with a Phillips x-ray machine; model RT-100, with a duty cycle of 30 kV and 10 mA. The evaluated indicators were seedling height (mm), root length (mm), stem diameter (mm), fresh stem weight (g), dry stem mass (g), fresh root weight (g) and dry root mass (g). Results indicated a significant stimulation ($p \leq 0.05$), for indicators as seedling height, root length, stem diameter, fresh stem mass, dry stem mass and fresh root mass related to the control, which corroborates the stimulating effect of this treatment on seedling growth.

Keywords: low power, growth, greenhouse crops.

INTRODUCCIÓN

En Cuba, la producción de hortalizas se limita fundamentalmente a los meses de invierno, pues producir en otras estaciones afecta la adaptación y supervivencia de los cultivos, especialmente en estadios críticos del desarrollo de las plantas, lo que sugiere buscar alternativas que minimicen tales daños (Álvarez *et al.*, 2011a).

En el último decenio se han intensificado las investigaciones en la rama de la ciencia relacionada con la aplicación de métodos físicos estimulantes en la agricultura cubana, como una alternativa viable para incrementar los rendimientos y la calidad de las cosechas,

dentro de la política de agricultura sostenible (Álvarez, 2010). Todo ello, relacionado con el hecho de que los organismos vivos han desarrollado mecanismos de adaptación a bajas dosis de irradiación que pueden conducir a la estimulación de ciertas funciones vitales del organismo, proceso denominado radioestimulación, ampliamente estudiado y aplicado en la agricultura, por el incremento del crecimiento y desarrollo de plantas cultivadas en países como India, Canadá, Hungría y Rusia (González *et al.*, 2004; Ramírez *et al.*, 2006).

La aplicación práctica en el cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum*) a través de la irradiación presiembra de semillas, ha

contribuido eficazmente a la obtención de plántulas de buena calidad en el semillero, aspecto de gran importancia, si se considera que tiene una incidencia marcada sobre el rendimiento de un cultivar y por tanto, en el éxito de la actividad agrícola (De Souza *et al.*, 2006; Álvarez, 2010). Es por ello que el objetivo de este trabajo fue determinar el efecto de irradiación de semillas de tomate FA-180 con rayos X, sobre algunos indicadores fisiológicos en plántulas cultivadas en condiciones de cultivo protegido.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló en una casa dedicada a la producción de posturas en cepellón, del sistema de casas de cultivos protegidos de Veguitas, provincia de Granma, Cuba. Se utilizaron semillas de tomate FA-180, con un contenido de humedad en las semillas entre 12-13% y un porcentaje de germinación del 98%. Las semillas fueron tratadas con rayos X, a una potencia de dosis de 11.47 Gy/min, dosis de 5, 10 y 20 Gy, en un equipo de rayos X modelo RT-100, (Phillips), con un régimen de trabajo de 30 kV y 10 mA. La irradiación se realizó en horas de la mañana con una temperatura de $25 \pm 1^\circ\text{C}$. Las semillas provenientes de cada tratamiento y un control sin irradiar fueron sembrados en cepellones con un sustrato compuesto por 60% de materia orgánica, 30% turba rubia y 10% cascarilla de arroz. Las variantes experimentales fueron dispuestas de acuerdo con un diseño

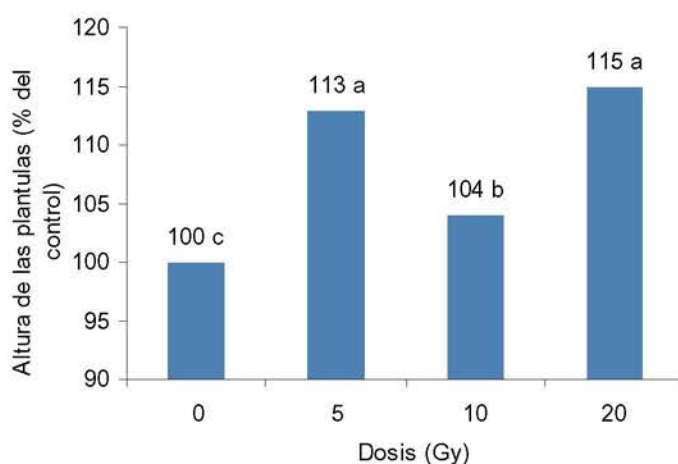
completamente aleatorizado, con tres réplicas por tratamiento de 20 semillas cada una. Al momento del trasplante se evaluaron los indicadores altura de las plántulas (mm), longitud de la raíz (mm), diámetro del tallo (mm), masa fresca del tallo (g), masa seca del tallo (g), masa fresca de la raíz (g) y masa seca de la raíz (g). Los resultados se procesaron por un análisis de varianza de clasificación simple y las medias se compararon por la prueba de Newman-Keuls, para un nivel de significación del 5% (Stell y Torrie, 1992). Los datos se mostraron como porcentaje con respecto al control.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observó una respuesta estimulante de la irradiación sobre el crecimiento de las plántulas de la variedad de tomate estudiada.

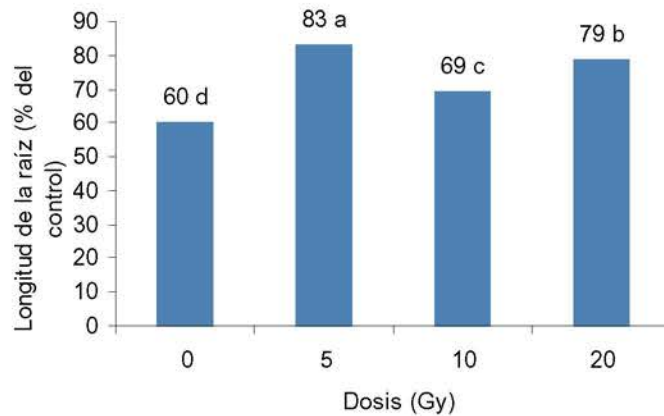
En cuanto a la altura de las plántulas (Fig. 1), se observó una respuesta positiva en los tratamientos irradiados, con dos picos fundamentales de estimulación con valores máximos significativos ($p \leq 0.05$) de 15%, respecto al control. En relación con las dosis, los mejores resultados se obtuvieron con 5 y 20 Gy.

Igualmente, se observó una respuesta positiva a la irradiación en la longitud de la raíz (Fig. 2), con valores significativos de estimulación ($p \leq 0.05$) de un 37%, en relación con el control a las dosis de 5 y 20 Gy.



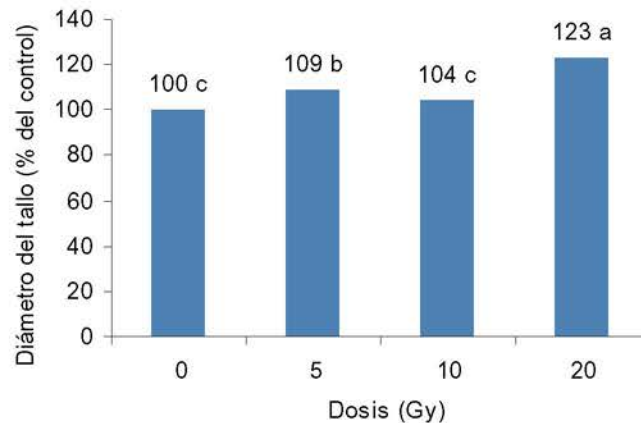
En la figura, barras con letras diferentes indican diferencias significativas respecto al control.

Figura 1. Efecto de la irradiación de semillas de tomate 'FA-180' con rayos X sobre la altura de las plántulas.



En la figura, barras con letras diferentes indican diferencias significativas respecto al control.

Figura 2. Efecto de la irradiación de semillas de tomate 'FA-180' con rayos X sobre la longitud de la raíz principal de las plántulas.



En la figura, barras con letras diferentes presentan diferencias significativas respecto al control.

Figura 3. Efecto de la irradiación de semillas de tomate 'FA-180' con rayos X sobre el diámetro del tallo de las plántulas.

Una respuesta similar se observó en el diámetro del tallo (Fig. 3), para estas mismas dosis con valores significativos ($p \leq 0.05$) de 23% en relación con el control.

En tal sentido, pudiera inferirse que la irradiación provocó un efecto significativo en el crecimiento de las plántulas, en esta época en la que se ve limitado por condiciones climáticas adversas. La irradiación pudiera haber incrementado la tolerancia al estrés y aunque esta aseveración será necesario confirmarla en futuros estudios, se ha demostrado experimentalmente que la radiación con bajas dosis de rayos X estimula el contenido y la síntesis de algunas proteínas específicas

involucradas en la protección de las plantas frente a los estreses ambientales y activa los genes involucrados en los mecanismos de defensa de las plantas (Ramírez *et al.*, 2006).

Otros autores relacionan el efecto estimulante de las bajas dosis de radiación con la activación de varias enzimas, como las polifenoloxidasas, catalasas, peroxidasas y esterasas, las cuales conllevan a la formación de sustancias fisiológicamente activas que a bajas concentraciones aceleran la división celular conjuntamente con la morfogénesis en las células de importantes orgánulos como las mitocondrias y los cloroplastos (Chen *et al.*, 2005a.; Álvarez *et al.*, 2011a).

Tabla 1. Efecto de la irradiación de semillas de tomate 'FA-180' con rayos X sobre la acumulación de biomasa fresca y seca de las plántulas.

Dosis (Gy)	MFT	MST	MFR	MSR
0 (control)	0.60 d	0.09 c	0.04 c	0.03 a
5	0.96 a	0.11 a	0.07 a	0.03 a
10	0.65 c	0.08 d	0.06 b	0.03 a
20	0.76 b	0.10 b	0.06 b	0.03 a
ESx	± 0.012	± 0.001	± 0.001	± 0.001

En las columnas, medias con letras diferentes presentan diferencias significativas ($p \leq 0.05$) por la prueba de Newman-Keuls.

MFT: masa fresca del tallo, MST: masa seca del tallo, MFR: masa fresca de la raíz, MSR: masa seca de la raíz.

La acumulación de biomasa fresca y seca del tallo también se vio influenciada por el efecto de la radiación, con un comportamiento diferenciado en cada tratamiento (Tabla 1). Se observó un incremento significativo ($p \leq 0.05$) en relación con el control. Los mejores resultados se obtuvieron con las dosis de 5 y 20 Gy. Una respuesta similar se observó en la acumulación de biomasa fresca de la raíz con incrementos significativos en relación con el control por efecto de la radiación. En cuanto a las dosis, los mejores resultados se obtuvieron con la de 5 Gy, y en el caso de la masa seca de la raíz no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos y el control.

Existen evidencias que indican que la irradiación a bajas dosis es esencial en la vida de los organismos, incluyendo las plantas y que los radicales libres, iones y moléculas excitadas que se forman por su efecto contribuyen a una mayor eficiencia en la utilización de las vías bioquímico-metabólicas, las cuales se reflejan en la acumulación de biomasa y la estimulación del crecimiento y desarrollo (Ramírez, 2006).

A pesar de que el mecanismo que rige la radioestimulación en las plantas no se conoce totalmente, los patrones de respuesta registrados en este estudio pudieran ser explicados en base a la hipótesis, que propone que la irradiación a bajas dosis altera las reacciones de defensa del organismo y que ejerce un efecto favorable sobre la actividad general de las enzimas al incrementar la velocidad de conversión de los

sustratos respiratorios en pequeñas moléculas a partir de las cuales se forman los nuevos constituyentes celulares, (Bai-Lingyu *et al.*, 1996). Además, estas bajas dosis favorecen el transporte, sensibilidad y composición de las hormonas endógenas del crecimiento. En este sentido, los cambios mencionados del metabolismo propician una mejor redistribución energética y se reflejan en un incremento del rendimiento y la calidad de los cultivos (Levin, 1987; Yemeljanov, 1984; Bai-Lingyu *et al.*, 1996).

CONCLUSIONES

El tratamiento de semillas de tomate cv. 'FA-180' con rayos X provocó un efecto estimulante en el crecimiento de las plántulas. Se observaron incrementos significativos en los indicadores altura de las plántulas, longitud de la raíz, diámetro del tallo, masa fresca del tallo, masa seca del tallo y masa fresca de la raíz, con un valor máximo de estimulación de 37% en la longitud de la raíz. En relación con las dosis 5 y 20 Gy fueron las de mejores resultados.

REFERENCIAS

- Álvarez, A (2010) Efecto del tratamiento de semillas con láser de baja potencia en plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Tesis presentada en opción al título de Ingeniero Agropecuario, 30 pp, Universidad de Granma, Cuba.
- Álvarez, A, R Ramírez, Licet Chávez, Yanelis Camejo (2011^a) Efectos del tratamiento de semillas con láser de baja potencia en un híbrido de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Revista electrónica Granma Ciencia 15(2).

- Álvarez, A, R Ramírez, Licet Chávez, Yanelis Camejo, L Licea, Elia Porras, Blanca García (2011b) Efectos del tratamiento de semillas con láser de baja potencia sobre el crecimiento y rendimiento en plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). ITEA. 107(3): 1-10.
- Álvarez, Martha, C Moya, M Florido, D Plana (2003) Resultados de la mejora genética del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) y su incidencia en la producción hortícola de Cuba. Cultivos Tropicales 24(2): 63-70.
- Bai-Lingyu, Ma-Yuzhu, Hua-Luo, wei-Dongpu (1996) The effect of low dose of Co-gamma rays irradiation on some inzyme activities and isoenzyme zymogran in pak- choi seedlings. Acta- Agriculturae- Nucleatae Sinica 10 (1): 21-24.
- Chen, YP, YJ Liu, XL Wang, ZY Ren, M Yue (2005a) Effect of microwave and He-Ne laser on enzyme activity and biophoton emission of *Isatis indigotica*. J. Integrat. Plant Biol 47(7): 849-855.
- De Souza, A, D García, Lilita Sueiro, F Gilart, L Licea, Elia Porras (2006) Pre-sowing magnetic treatments of tomato seeds increase the growth and yield of plants. Bioelectromagnetics 27(2): 247-257.
- González, LM, R Ramírez, L Licea, Elia Porras, Blanca García (2004) Acción estimulante de las dosis bajas de rayos X, en plantas de *Lactuca sativa*. Universidad y Ciencia 20(039): 1-6.
- Levin, VL (1987) Dinámica de la acumulación de sustancias del tipo giberélico y variación en la calidad de las proteínas de reservas de las plantas de trigo, procedentes de semillas irradiadas. Biología Agrícola 10(2): 52-57.
- Ramírez, R (2006) Efecto del tratamiento de semillas con dosis estimulantes de rayos X en el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Tesis presentada en opción al Grado de Doctor en Ciencias Agrícolas, INCA, La Habana, Cuba, 130 pp.
- Ramírez, R, LM González, Yanelis Camejo, Yorleidis Fernández, Nircia Zaldivar (2006) Estudio de radiosensibilidad y selección de rango de dosis estimulantes de rayos X, en cuatro variedades de tomate (*Lycopersicom esculentum* Mill). Cultivos Tropicales 27(1): 63-67.
- Stell, RGD, JH Torrie (1992) Biostatistics. Principles and procedures, 2nd ed., McGrawHill, Interamericana de Mexico, S.A.
- Yemelianov, LG (1994) The influence of gamma irradiations of barley seeds on plant vital activity under different ecological conditions. International Conference on Radiobiological consequences of Nuclear accidents. Moscow, 25-26 October, 305 pp.

Recibido: 17-6-2012

Aceptado: 24-7-2012